RECHERCHES EXPÉRIMENTALES

SUR LA TRANSMISSION CROISÉE

DES

IMPRESSIONS SENSITIVES

DANS LA MOELLE ÉPINIÈRE,

PAR LE DOCTEUR

E. BROWN-SÉQUARD,

Lauréat de l'Académie des sciences,
ex-professeur de physiologie à Richmond (États-Unis), ex-secrétaire
des Sociétés Philomatique et de Biologie, etc.

EXTRAIT DE LA GAZETTE HEBDOMADAIRE DE MÉDECINE ET DE CHIRURGIE.
(Tome II, n°s 31 et 36.)

PARIS,

LIBRAIRIE DE VICTOR MASSON,

PLACE DE L'ÉCOLE-DE-MÉDECINE.

1855.

38

RECHERCHES EXPÉRIMENTALES

SUR LA TRANSMISSION CROISÉE

DES

IMPRESSIONS SENSITIVES

DANS LA MOELLE ÉPINIÈRE.

C'est un fait bien connu que lorsque une altération, produisant une hémiplégie de la sensibilité, siége dans un des côtés latéraux de l'encéphale, cette hémiplégie existe dans le côté du corps opposé au côté où l'altération se trouve. Il en résulte que si les impressions sensitives, faites sur une moitié latérale du corps doivent monter jusqu'à l'encéphale pour être perçues, il faut qu'elles passent de cette moitié du corps à la moitié de l'encéphale du côté opposé. Il y a donc à chercher dans quelle partie du centre cérébro-rachidien se fait ce passage des impressions d'un côté à l'autre. Et si l'on admet que la transmission s'opère par les fibres ou les tubes nerveux, il y a à déterminer quelle est la partie du centre cérébro-rachidien, où les fibres sensitives se portent d'un côté à l'autre. Il y a, en d'autres termes, à chercher quel est le lieu de l'entrecroisement des fibres sensitives.

Si l'on ne veut pas admettre que la transmission se fasse par des fibres nerveuses, la question peut être posée dans les termes suivants : où se fait dans le centre cérébro-rachidien l'entrecroisement des éléments nerveux, par lesquels s'opère la transmission des impressions sensitives ?

Il paraît certain que, dans les nerfs, la transmission des impressions sensitives s'opère par ou dans des fibres ou tubes nerveux, mais il n'en est pas ainsi dans les centres nerveux. Là un autre élément conducteur (et peut-être n'est-il pas le seul), la cellule nerveuse, coexiste avec les tubes. On est loin encore de bien savoir quels sont les rapports des fibres sensitives avec les cellules ; on ne sait pas si la transmission ne pourrait pas s'opérer d'une cellule à une cellule voisine, lorsque ces deux parcelles élémentaires ne sont pas en contact l'une avec l'autre. On ne sait pas non plus si la matière grenue, qui est intermédiaire aux cellules, et si semblable à la matière même de ces éléments, n'est pas douée aussi,

au moins en partie, du pouvoir de transmettre l'action nerveuse. Bien que très improbables, ces modes de transmission ne paraissent pas être impossibles, et pour ne pas sembler trancher par une pure assertion, une question non décidée, nous nous servirons, en général, des mots, *éléments conducteurs des impressions sensitives* (1), au lieu de ceux-ci : *fibres sensitives*. Nous devons déclarer cependant qu'il y a grande probabilité que la transmission s'opère dans la moelle épinière, la moelle allongée et le reste de l'encéphale, par des fibres qui s'abouchent avec des cellules ou qui servent de communication d'une cellule à une autre. La notion qui a eu un si grand succès en France, pendant les quinze dernières années, à savoir, que les transmissions ne s'opèrent que par des fibres, et que les cellules n'y concourent nullement ; — cette notion est en opposition formelle avec les faits physiologiques les plus positifs.

De ce qui précède il résulte qu'au lieu de nous demander où s'entrecroisent les fibres sensitives, nous poserons ainsi la question : Où s'opère l'entrecroisement des éléments conducteurs des impressions sensitives dans le centre cérébro-rachidien ?

L'objet de ce mémoire est de tenter de donner la solution de cette question.

Il est singulier qu'une question aussi importante que celle-là n'ait pas été l'objet de recherches spéciales de la part d'aucun des biologistes éminents qui, de nos jours, ont fait faire tant de progrès à la physiologie et à la pathologie du système nerveux : ceux-là même qui ont traité des questions connexes à celles dont je m'occupe ici n'ont pas émis d'opinion formelle à l'égard de la décussation des conducteurs des impressions sensitives. Ainsi, par exemple, M. Flourens, dans son remarquable *Mémoire sur la délimitation de l'effet croisé*, parle à peine de la sensibilité. Ni Lallemand, ni M. Serres, ni M. Magendie, ni M. Andral, n'ont émis, que je sache, d'opinion positive sur le siége de cette décussation. Le silence gardé en France, à cet égard, l'a été aussi en Angleterre et en Allemagne. Charles Bell, cependant, après avoir changé d'idée relativement à la voie de transmission des impressions sensitives dans la moelle épinière, émit sans preuve aucune, et en se fondant seulement sur quelques particularités anatomiques, l'idée que les fibres sensitives s'entrecroisent dans une grande partie de la longueur du plancher du quatrième ventricule (2). En France, un physiologiste distingué, M. Longet, a tenté d'être plus précis

(1) Nous devons dire que chez les animaux, nous ne pouvons rien savoir, quant à la voie de transmission des impressions, que ce qui concerne les impressions douloureuses ; de sorte qu'en parlant d'impressions sensitives, il sera toujours sous-entendu que nous ne parlons que des impressions douloureuses.

(2) *The nervous System of the human Body*, by sir Ch. Bell. 3ᵉ édit. London, 1844, pag. 231-40.

que ses devanciers. Nous le louons d'avoir essayé, au moins, de résoudre la grande question qui nous occupe, mais nous ne pouvons éviter de montrer que, guidé par une théorie erronée, il a dû être et il a été conduit à une solution fausse. L'entrecroisement des fibres sensitives venues des différentes parties du corps se fait, suivant M. Longet, à l'extrémité antérieure de la protubérance, là où quelques anatomistes disent que s'entrecroisent les pédoncules antérieurs du cervelet. Les cordons postérieurs de la moelle épinière étant, suivant ce savant physiologiste, les seules voies de transmission des impressions sensitives, il s'ensuit qu'il en est de même pour les corps restiformes, qui sont en grande partie la continuation de ces cordons, et, comme la majorité des fibres des corps restiformes se portent au cervelet, on a conclu que les fibres sensitives venues du tronc et des membres se rendent en majorité au cervelet. Or, M. Longet, n'admettant pas que le cervelet soit un centre de perception des impressions sensitives, a été contraint d'imaginer que les fibres sensitives, après leur entrée dans le cervelet, traversent cet organe, d'arrière en avant, pour en sortir avec ses pédoncules antérieurs, et s'entrecroiser à l'extrémité antérieure de la protubérance.

Je vais faire voir que cette théorie ne s'accorde aucunement avec les faits.

1° Si la théorie était vraie, on devrait trouver la sensibilité perdue ou notablement diminuée dans les cas d'absence ou d'altération considérable du cervelet. Or, il n'en est pas ainsi, en général, ainsi que le démontrent les faits pathologiques, observés chez l'homme, et rassemblés par M. Serres et par M. Andral. Non-seulement la sensibilité quelquefois n'est pas perdue, mais encore elle est exagérée. Les vivisections démontrent aussi que l'ablation du cervelet laisse persister la sensibilité, ainsi que l'ont vu MM. Flourens, Serres, Magendie, Bouillaud, Gerdy, et Longet lui-même.

2° Il est évident que si les fibres sensitives qui passent à travers le cervelet, d'après M. Longet, ne s'y entrecroisent pas, et que ce n'est qu'après en être sorties qu'elles font leur décussation, on devra trouver, quand il y a paralysie de la sensibilité, dans une moitié du corps, par suite d'une lésion du cervelet, que cette lésion se trouve sur le côté même où existe l'anesthésie ; or, ce n'est pas ainsi qu'il en est d'ordinaire. L'action du cervelet est en général croisée pour la sensibilité comme pour le mouvement.

3° Si les vues de M. Longet étaient exactes, toute altération de la protubérance, sur une de ses moitiés latérales et en arrière de la partie antérieure de cet organe, où l'on suppose que l'entrecroisement s'opère, devrait produire une paralysie de la sensibilité sur

le côté correspondant ; or, c'est l'inverse qu'on observe : l'anesthésie existe dans la moitié opposée du corps.

4° J'aurais certes pu me borner, pour montrer que la théorie de M. Longet n'est pas exacte, à faire voir que la donnée qui lui sert de base est complétement fausse. C'est ce qu'il est facile de prouver. A l'exception des fibres de la racine bulbaire du nerf trijumeau, les corps restiformes, d'après l'opinion de M. Longet, sont l'ensemble des fibres sensitives venues du tronc et des membres, et passant par la moelle allongée pour se rendre aux centres de perception dans l'encéphale. Ainsi donc, les fibres sensitives des corps restiformes montent de la moelle épinière à l'encéphale, et si nous les coupons transversalement, nous devons trouver que la sensibilité persiste dans le bout encéphalique et qu'elle est perdue dans le bout de ces corps en rapport avec la moelle épinière. Or, c'est l'inverse que l'on trouve. Si nous coupons transversalement les cordons postérieurs dans toute leur épaisseur, au niveau du bec du *calamus*, c'est-à-dire là où ils cessent d'exister et où ils se continuent avec les corps restiformes, on trouve que la surface de section supérieure est insensible, et que les corps restiformes, au moins au voisinage de la section, ont aussi perdu leur sensibilité. L'animal, pourtant, n'est pas devenu insensible, et, tout au contraire, il paraît être souvent dans un état d'hyperesthésie ; de plus, la face inférieure de la section est sensible, et, en arrière d'elle, les cordons postérieurs et les racines postérieures sont très sensibles, et en apparence quelquefois plus qu'à l'état normal. J'ai cherché quel est alors l'état de la sensibilité dans les diverses parties normalement sensibles de l'encéphale, et j'ai trouvé : 1° que les corps restiformes, dans une étendue d'au moins 5 millimètres, à partir de la surface de section, sur des lapins et des chats, paraissent absolument insensibles ; 2° qu'il semble y avoir quelques traces de sensibilité au voisinage de l'insertion des nerfs pneumogastriques et glosso-pharyngiens ; 3° que la sensibilité est complétement perdue sur la partie interne des corps restiformes, jusqu'à l'endroit où ils contribuent à former les pédoncules cérébelleux moyens ; 4° que là où s'insèrent les nerfs trijumeaux, la sensibilité existe ; 5° que les pédoncules cérébelleux moyens jusque dans le cervelet sont sensibles ; 6° que la face supérieure de l'extrémité antérieure de la protubérance et les tubercules testes sont sensibles.

Il importe de faire remarquer que, bien que sensibles encore, les diverses parties que je viens de nommer le sont notablement moins qu'à l'état normal, et que, de plus, dans une certaine étendue, au devant de la section, les corps restiformes paraissent avoir complétement perdu leur sensibilité. Sur des chiens et des cochons d'Inde, j'ai obtenu des résultats analogues à ceux-là ; mais l'hé-

morrhagie étant plus considérable, dans cette expérience, chez ces animaux que chez les lapins et les chats, j'ai expérimenté plus souvent sur ces derniers animaux.

Il ressort clairement des résultats de cette expérience: 1° que la sensibilité si vive des corps restiformes, à l'état normal, dépend de fibres se dirigeant de ces corps vers les cordons postérieurs, et non de fibres allant de ces cordons aux corps restiformes ; 2° que l'opinion d'après laquelle les corps restiformes sont l'agrégation des fibres sensitives du tronc et des membres montant vers le cerveau n'est pas exacte, et qu'il semble, au contraire, qu'aucune de ces fibres ne s'y trouve; 3° qu'il n'y a plus de fondement à l'hypothèse d'après laquelle le siége de l'entrecroisement des fibres sensitives, dans le centre cérébro-spinal, serait à l'extrémité antérieure de la protubérance et formé par les fibres sensitives du tronc et des membres, ayant passé par les corps restiformes et à travers le cervelet.

Quand je découvris, en 1849, que la transmission des impressions sensitives se fait d'une manière croisée dans la moelle épinière, tout le monde admettait que les éléments conducteurs des impressions sensitives s'entrecroisent dans l'encéphale et non dans la moelle épinière. Physiologistes et pathologistes étaient d'accord à cet égard, et ils attribuaient à Galien l'honneur d'avoir démontré que la moelle épinière n'a pas d'autre croisée. Ils n'avaient pas remarqué que Galien (1), dans le récit de ses expériences, ne dit pas un seul mot de la sensibilité. Haller (2), qui s'est contredit formellement à ce sujet, puisque tantôt il déclare que la moelle épinière a une action directe, tantôt qu'elle a une action croisée, ne parle pas non plus de la sensibilité.

Enfin, dans leurs recherches sur l'action croisée, Lorry, Fodéra, M. Flourens, M. Calmeil et quelques autres physiologistes, se sont bien plus occupés de la paralysie du mouvement et des convulsions que de la sensibilité. J'exposerai plus loin les résultats de leurs recherches.

La théorie que j'ai proposée relativement à la transmission croisée des impressions sensitives dans la moelle épinière s'appuie sur un grand nombre de faits expérimentaux ou pathologiques. Je me bornerai, dans ce mémoire, à l'exposé des résultats des vivisections, et je réunirai bientôt, dans un second mémoire, les faits pathologiques.

Il est certain que si les impressions sensitives se transmettent entièrement ou en grande partie, d'une manière croisée dans la moelle épinière, on devra trouver, après la section transversale d'une moitié latérale de cet organe, la sensibilité persistant en

(1) *De locis affectis*, lib. III, cap. XIV, et *De Anatomicis administrationibus*, lib. VIII, sect. VI

(2) *Elementa physiol.*, t. IV, p. 326, 327 et 334.

arrière et du côté de la section, et perdue ou diminuée du côté opposé et en arrière de la section. C'est effectivement ce qu'on trouve, et ces résultats ont été constatés par beaucoup de membres de la Société de biologie, dès l'année 1849, ainsi que le constate le compte rendu du mois de décembre de cette année, où l'expérience suivante est consignée.

Exp. I. — Dans la séance du 1[er] décembre, nous avons montré un cochon d'Inde sur lequel la moitié latérale *droite* de la moelle avait été coupée, sous les yeux de quelques membres de la Société. La section existait à la hauteur de la dixième vertèbre dorsale. L'animal avait perdu beaucoup de sang; l'opération, faite dans une demi-obscurité, avait été longue et très douloureuse. Dans de telles circonstances, il arrive ordinairement que l'on trouve les deux membres postérieurs paralysés du mouvement volontaire et de la sensibilité, pendant quelque temps, après l'opération : c'est ce qui eut lieu dans ce cas. Mais, au bout de cinq ou six minutes, le mouvement volontaire revint dans le membre postérieur *gauche*, et la sensibilité dans le membre postérieur *droit* (le côté de la section). Environ douze minutes après l'opération, la sensibilité était extrême dans le membre postérieur *droit* et nulle dans le membre postérieur *gauche*. L'autopsie fut alors faite, séance tenante, par M. Cl. Bernard, et la Société reconnut que la moitié latérale *droite* de la moelle était coupée transversalement à la hauteur indiquée (1).

Depuis six ans, j'ai fait cette expérience en présence d'un nombre très considérable de médecins et de physiologistes de toutes les parties de l'Europe et des États-Unis, et toujours j'ai obtenu les résultats suivants :

1° Exagération de la sensibilité en arrière et du côté de la section.

2° Diminution notable et quelquefois perte de la sensibilité en arrière de la section du côté opposé.

Schœps, Van Deen et Stilling avaient parfaitement vu que la sensibilité ne se perd pas en arrière et du côté de la section d'une moitié latérale de la moelle épinière, mais ils n'avaient pas observé le fait capital qu'elle diminue du côté opposé et en arrière de la section, et qu'elle s'exagère du côté de la section. Aussi n'avaient-ils pas été conduits à admettre que la transmission des impressions sensitives se fait d'une manière croisée dans la moelle épinière. Ils avaient conclu, du fait de la persistance de la sensibilité en arrière et du côté de la section, que la transmission des impressions peut se faire en tous sens dans la moelle épinière, de sorte qu'une moitié latérale de cet organe pourrait parfaitement suffire pour la transmission des impressions faites sur les deux côtés du corps. J'avais moi-même, en 1846 (2), après avoir constaté l'exactitude

(1) *Comptes rendus et mémoires de la Société de biologie*, 1849, t. I, p. 193.

(2) Voyez ma dissertation inaugurale, *Recherches sur la physiologie de la moelle épinière*. Paris, 3 janvier 1846, in-4°, p. 26, 28 et 29.

du fait expérimental rapporté par ces physiologistes, admis leur explication, et ce n'est qu'après avoir découvert les deux faits nouveaux, que j'ai mentionnés, que j'ai été conduit à admettre la transmission croisée. Il me semble incontestable que si la sensibilité, loin d'être diminuée du côté d'une hémisection de la moelle épinière, y est exagérée, et que si la sensibilité est notablement diminuée du côté opposé, c'est que la transmission pour la partie du corps en arrière et du côté de la section se fait par le côté opposé de la moelle, et que toute la quantité de transmission, qui ne se fait plus pour la partie du corps en arrière et du côté opposé à la section, se faisait avant l'opération par le côté de moelle opéré. Mais l'expérience suivante va démontrer clairement que la transmission des impressions sensitives faites sur la partie où la sensibilité est exagérée s'opère par le côté opposé de la moelle.

Exp. II. — Sur un animal ayant déjà subi la section de la moitié latérale *droite* de la moelle épinière, au niveau de la deuxième vertèbre lombaire, je m'assure que la sensibilité est exagérée dans le membre postérieur du côté de la section, et alors je coupe l'autre moitié latérale de la moelle, au niveau de la troisième vertèbre cervicale. Cela fait, je trouve la sensibilité du membre postérieur *droit* perdue, ou au moins excessivement affaiblie et presque nulle.

Si je fais l'inverse, c'est-à-dire, si je coupe d'abord la moitié latérale *gauche* de la moelle, au niveau de la troisième vertèbre cervicale, je trouve que la sensibilité des deux membres *gauches* est exagérée, tandis que celle des deux membres *droits* est diminuée. Alors, si je coupe la moitié latérale *droite* de la moelle à la hauteur de la deuxième vertèbre lombaire, je trouve : 1° que le membre postérieur *gauche*, dont la sensibilité était exagérée avant cette seconde section, est devenu insensible ou très peu sensible ; 2° que le membre postérieur *droit*, qui avait déjà perdu notablement de sa sensibilité après la première section, devient tout à fait insensible, ou à bien peu près, après la seconde ; 3° que le membre antérieur *gauche* continue d'être extrêmement sensible ; 4° que le membre antérieur *droit* conserve, en apparence, le même faible degré de sensibilité qu'après la première section.

Certes, ces faits pourront paraître suffisants pour démontrer que la transmission des impressions sensitives se fait principalement, sinon entièrement, d'une manière croisée, dans la moelle épinière; mais ceux que je vais rapporter paraîtront peut-être encore plus probants.

Exp. III. — Je coupe la moelle épinière le long de son plan médian antéro-postérieur, de manière à séparer l'une de l'autre ses deux moitiés latérales, dans toute l'étendue du renflement lombaire, c'est-à-dire de la portion de moelle qui donne naissance aux nerfs des membres abdominaux. Si l'instrument ne se dévie ni à droite ni à gauche, et que les moitiés latérales du renflement lombaire ne subissent pas d'autre lésion que celle de la section longitudinale de leurs commissures, on trouve, après

l'opération, que l'animal reste capable de mouvoir volontairement ses membres postérieurs, et même souvent de s'en servir pour marcher, tandis que, tout au contraire, la sensibilité semble être absolument perdue dans ces deux membres.

On comprend que si les éléments conducteurs des impressions sensitives ne s'entrecroisaient pas dans la moelle épinière, la sensibilité devrait être conservée dans les membres postérieurs des animaux soumis à l'expérience que nous venons de rapporter. Peut-être serait-elle un peu diminuée, à cause de la légère compression que l'on exerce sur les deux moitiés latérales de la moelle, en coupant cet organe longitudinalement ; mais, au lieu d'une faible diminution, nous trouvons la perte, en apparence complète, de la sensibilité. De plus, pour qui sait qu'en général les compressions, même légères, de la moelle épinière, produisent une bien plus grande diminution des mouvements volontaires que de la sensibilité, il est impossible d'admettre que la sensibilité soit entièrement détruite par une compression qui n'abolit pas complétement les mouvements volontaires. En outre, quand on fend la moelle longitudinalement à l'aide d'un bistouri très fin et très tranchant, il n'y a certes pas de compression suffisante pour produire une paralysie notable soit des mouvements volontaires, soit de la sensibilité.

Exp. IV. — Si, au lieu d'opérer sur le renflement lombaire, comme dans l'expérience précédente, on fait une opération analogue à celle qui y est décrite, sur le renflement cervico-brachial, on constate les phénomènes suivants, quand on a réussi à séparer complétement et dans toute leur longueur les deux moitiés latérales de ce renflement. La sensibilité est perdue dans les membres antérieurs, mais elle persiste dans les membres postérieurs et dans la peau de l'abdomen et d'une grande partie de la région thoracique. Les mouvements volontaires existent dans les quatre membres, mais les membres antérieurs ne peuvent plus servir à la station, ce qui dépend surtout de ce que, pour mettre la moelle à nu, il faut couper beaucoup de muscles, et en particulier quelques-uns de ceux de l'épaule.

Les résultats des deux expériences qui précèdent sont décisifs dans la question qui nous occupe. Il est certain que si les éléments conducteurs des impressions sensitives ne s'entrecroisaient pas dans la moelle épinière, on n'obtiendrait pas les résultats indiqués et surtout ceux que donne la dernière de ces deux expériences, où nous voyons la sensibilité persister dans les membres postérieurs, alors qu'elle est perdue dans les membres antérieurs. Dans l'expérience suivante, qui est une combinaison de notre première et de notre quatrième expérience, les résultats sont encore plus péremptoires, s'il est possible.

Exp. V. — Si sur un animal qui a déjà subi l'opération mentionnée dans l'expérience IV, à savoir une section longitudinale sur le plan médian

antéro-postérieur du renflement cervico-brachial dans toute son étendue, on coupe transversalement une des moitiés latérales de ce renflement, on constate, en outre de la perte de sensibilité dans les deux membres antérieurs, 1° que le membre postérieur, du côté de la section transversale, devient un peu plus sensible qu'il n'était ; 2° que le membre postérieur, du côté opposé à la section, perd presque complètement sa sensibilité.

Quelquefois il arrive, quand on a tenté de faire la section transversale d'une moitié latérale de la moelle épinière, qu'on obtienne un résultat très différent de celui qui est rapporté dans l'expérience Ire. La sensibilité dans les parties qui sont du côté opposé à la section et en arrière d'elle, paraît être aussi vive qu'à l'état normal ; mais une autopsie bien faite révèle alors que la section n'est pas complète et qu'on a laissée intacte une partie de la moitié latérale qu'on voulait couper. Le meilleur moyen pour faire une autopsie concluante, c'est de mettre la moelle dans l'alcool et de l'y laisser quelques jours. Il est facile ensuite de voir si la section s'étend ou non jusqu'au plan médian antéro-postérieur de la moelle.

Il arrive assez souvent que, bien que la section d'une moitié latérale soit complète, la sensibilité paraisse encore assez vive dans les parties situées du côté opposé à la section et en arrière d'elle. Ceci s'observe surtout chez les animaux vigoureux que l'on a opérés dans l'état d'insensibilité que produit l'inhalation du chloroforme, parce qu'on peut alors mettre très promptement la moelle à nu sans épuiser la vigueur de l'animal par une hémorrhagie considérable et par la douleur. L'apparence de sensibilité qu'on trouve du côté opposé à la section et en arrière d'elle, dans ces circonstances, provient de phénomènes très intéressants, mais dont je ne puis dire ici que quelques mots. Supposons que l'hémisection de la moelle ait été faite à droite et à la hauteur de la première vertèbre lombaire, si je pince alors la patte gauche, il y a, par action réflexe, des mouvements dans le membre postérieur droit. Or, ce membre est dans un état d'hypéresthésie, et, de plus, les mouvements réflexes y sont très forts, et même assez pour que les contractions musculaires causent de la douleur. Il y a donc, quand on pince la patte gauche, de la douleur provenant du membre droit. C'est ce que démontre l'expérience suivante.

Exp. VI. — Sur un animal très vigoureux et ayant eu la moitié latérale droite de la moelle coupée transversalement à la hauteur de la première vertèbre lombaire, je constate que, quand je pince la patte *gauche*, il y a apparence d'une assez vive perception de douleur. Je mets alors à nu le renflement lombaire de la moelle, et je m'assure ensuite que le pincement de la patte *gauche* paraît causer encore une douleur assez vive. Cela observé, je coupe toutes les racines postérieures qui naissent du renflement lombaire à *droite*, et je trouve ensuite que l'apparence de sensibilité du côté *gauche* (où ni la moelle ni les racines n'ont été coupées) a disparu presque complètement et quelquefois complètement.

Cette expérience est certainement très propre à montrer qu'il ne reste *en réalité* que très peu de sensibilité dans le membre postérieur, du côté opposé à une section d'une moitié latérale de la moelle, bien qu'*en apparence*, quelquefois, on y trouve une assez vive sensibilité. L'expérience suivante conduit encore à la même conclusion.

Exp. VII. — Sur un animal vigoureux ayant eu la moitié latérale *droite* de la moelle épinière coupée à la hauteur de la première vertèbre lombaire, je constate qu'il y a, en apparence, une sensibilité assez vive dans le membre postérieur *gauche*. Je fais alors inhaler du chloroforme à l'animal, et je trouve que la sensibilité qui paraît alors exister dans le membre postérieur *gauche* s'évanouit presque aussitôt, et souvent en moins de la moitié du temps que met la sensibilité à disparaître dans les membres antérieurs et à la face. Le membre postérieur *droit*, au contraire, ne perd sa sensibilité que quelques instants après que le train antérieur a perdu la sienne.

Comme il arrive assez souvent qu'on ne réussisse pas à faire *directement* la section d'une moitié latérale de la moelle, j'ai employé le moyen suivant, qui donne des résultats très nets, ainsi que je l'ai fait constater à la Société de Biologie, il y a déjà plusieurs années. J'extrais les détails suivants des *Comptes rendus* de cette Société (*Comptes rendus et Mém. de la Soc. de Biologie, pour* 1851, t. III, p. 76.

Exp. VIII. — « Après avoir fait, à la hauteur de la dixième ou onzième vertèbre costale, une section longitudinale, d'un demi ou d'un centimètre, sur la ligne médiane de la moelle épinière, M. Brown-Séquard fait deux sections transversales d'une moitié latérale de cet organe, chacune de ces sections partant des extrémités de la section longitudinale, de manière à retrancher un fragment assez considérable de la moelle. L'animal qui a subi cette opération conserve presque toute l'énergie de ses mouvements volontaires, excepté dans le membre postérieur du côté de la section, lequel cependant possède encore des mouvements volontaires très faibles, mais incontestables. Quant à la sensibilité, ce dernier membre paraît au moins aussi sensible qu'à l'état normal, tandis que le membre postérieur du côté opposé (côté où la moelle est intacte) a perdu notablement de sa sensibilité. Deux cochons d'Inde, soumis à cette expérience, sont montrés à la Société. On a d'abord reconnu l'existence des phénomènes qui viennent d'être signalés, puis l'autopsie a été faite séance tenante, et les lésions indiquées ont été constatées. »

Il nous semble que les faits rapportés jusqu'ici, dans ce Mémoire, démontrent clairement que les éléments conducteurs des impressions sensitives s'entrecroisent, au moins en grande partie, dans la moelle épinière, ou, en d'autres termes, qu'un très grand nombre de ces éléments venant de la moitié droite du corps, se portent dans la moitié gauche de la moelle, après avoir traversé la moitié droite de cet organe, et *vice versâ*.

Il me reste encore à examiner maintenant les questions suivantes : 1° Ne peut-on pas expliquer, par l'existence d'une propriété spéciale de la substance grise de la moelle, les faits que j'explique par l'entrecroisement des éléments conducteurs des impressions sensitives ? 2° L'entrecroisement de ces éléments est-il complet ou partiel dans la moelle épinière ? 3° Quelle est la partie de la moelle où se fait l'entrecroisement des éléments conducteurs qui y arrivent par une racine donnée? 4° Que prouvent les expériences faites sur le bulbe rachidien à l'égard de l'entrecroisement des conducteurs des impressions sensitives?

Nous allons essayer de résoudre successivement ces diverses questions.

1° *Ne peut-on pas expliquer, par l'existence d'une propriété spéciale de la substance grise de la moelle, les faits que j'explique par l'entrecroisement des éléments conducteurs des impressions sensitives?*

Les idées des physiologistes du XVIII[e] siècle ont, en partie, trouvé des adhérents dans celui-ci. Des hommes de mérite admettent encore qu'une certaine partie de la moelle, sa substance grise, possède la propriété de transmettre l'action nerveuse en tous sens. Suivant quelques-uns de ces physiologistes, les cellules de la substance grise seraient en rapport de continuité avec les fibres sensitives venues à la moelle par les racines postérieures, et ces cellules communiqueraient entre elles par des fibres ; de telle façon qu'une impression, transmise à la moelle par une fibre d'une des racines postérieures, se propagerait, de la cellule avec laquelle s'aboucherait cette fibre, à deux ou à un plus grand nombre d'autres cellules, dont une ou plusieurs se trouveraient dans la moitié même de la moelle où se trouve la première, et dont les autres se trouveraient dans l'autre moitié. Par ces dernières, la propagation se ferait encore à des cellules de la même moitié de moelle et à des cellules de l'autre moitié.

On comprendra aisément qu'avec un arrangement comme celui-là, une section d'une moitié latérale de la moelle ne doit pas être suivie de la paralysie de la sensibilité en arrière et du même côté. Mais cette théorie a contre elle : 1° le fait qu'après une section d'une moitié latérale de la moelle, les parties du corps situées en arrière de la section et du côté opposé éprouvent une diminution très notable de leur sensibilité ; 2° le fait qu'après une seconde hémisection de la moelle, à une certaine distance d'une première, les parties en arrière et du côté de cette première hémisection, qui avaient de l'hypéresthésie, deviennent extrêmement peu sensibles ; 3° le résultat d'une section longitudinale de la moelle sur un de ses deux renflements, à savoir l'anesthésie des deux côtés, 4° enfin, les cas observés chez l'homme de la paralysie de la sensibilité, n'occupant qu'une moitié du corps, et produite par une lésion

siégeant dans la moitié opposée de l'encéphale ou de la moelle.

Quelques physiologistes disent qu'après avoir coupé une moitié latérale de la moelle en un point et l'autre moitié dans un autre endroit, on trouve la sensibilité conservée partout en arrière. Ils n'ont certainement fait qu'une section incomplète. J'ai vu qu'il suffit de n'avoir pas divisé entièrement la substance grise centrale (tout le reste d'une moitié latérale de la moelle étant coupé) pour que la sensibilité soit conservée partout en arrière. J'ai déjà dit dans ma thèse, il y a plus de neuf ans (*Loc. cit.*, p. 26-27, 8°, 9°, 10° et 11°), que si l'on coupe toute la substance blanche, à savoir le faisceau antéro-latéral et le faisceau postérieur de la moelle d'un côté, et les mêmes parties à une certaine distance en avant de la première section, la sensibilité ne paraît pas diminuée en arrière des deux sections. Il n'en est pas ainsi lorsque, outre la substance blanche, on coupe la substance grise, de manière que l'hémisection soit complète, et l'on trouve alors toujours la sensibilité presque complétement ou tout à fait perdue, en arrière de deux hémisections complètes de la moelle. Mais comme il reste souvent alors des traces évidentes (quoique très faibles) de sensibilité, il semble qu'il existe quelques fibres commissurales entre les moitiés latérales de la moelle, établissant une communication entre les éléments conducteurs des impressions sensitives.

L'hypothèse de la transmissibilité des impressions dans des directions très variées, par les éléments de la substance grise de la moelle, ne cadre pas avec les faits, ainsi que je viens de le montrer. Il en est tout autrement de la théorie que j'ai proposée, c'est-à-dire de l'existence d'un entrecroisement des éléments conducteurs des impressions dans la moelle épinière. Cet entrecroisement rend compte aisément : 1° de la persistance de la sensibilité en arrière et du côté d'une hémisection transversale de la moelle ; 2° de la perte ou de la diminution de sensibilité du côté opposé ; 3° de la perte de sensibilité des deux côtés après une section longitudinale sur le plan médian antéro-postérieur de la moelle.

Quant à l'existence de l'hypéresthésie dans les parties situées en arrière d'une section d'une moitié latérale de la moelle, elle dépend de circonstances que j'aurai l'occasion de faire connaître dans un prochain Mémoire.

2° *L'entrecroisement des éléments conducteurs des impressions sensitives est-il complet ou partiel dans la moelle épinière ?*

On arrive, à cet égard, à deux conclusions différentes, suivant qu'on examine ce qui a lieu dans certaines expériences ou dans quelques autres. D'une part, en effet, les résultats d'une ou de deux hémisections transversales de la moelle, semblent montrer que l'entrecroisement n'est pas complet. D'une autre part, les résultats d'une section longitudinale, séparant une portion de la

moelle en ses deux moitiés latérales, semblent montrer que l'entrecroisement est complet.

Il est probable que l'entrecroisement est à bien peu près complet, et que s'il y a quelques faits qui paraissent en opposition avec cette manière de voir, on en trouve l'explication en admettant qu'il y a, ainsi que je l'ai déjà dit, quelques fibres commissurales entre une moitié latérale de la moelle et l'autre moitié On ne peut pas expliquer autrement ce qui a lieu après deux hémisections latérales de la moelle, faites l'une d'un côté, l'autre de l'autre, et à une certaine distance l'une de l'autre.

J'ajouterai que des faits pathologiques déjà assez nombreux, et qui ont été observés chez l'homme, conduisent à la même conclusion que les expériences sur les animaux. Je me propose de le démontrer bientôt dans un Mémoire spécial.

3° *Quelle est la partie de la moelle épinière où se fait l'entrecroisement des éléments conducteurs qui y arrivent par une racine donnée?*

Examinons, par exemple, ce qui a lieu pour les racines postérieures de la première paire lombaire et pour la dernière paire dorsale. Ces racines pénètrent dans la corne grise postérieure, entre le cordon postérieur et le cordon latéral de la moelle. Où vont-elles? C'est ce que l'anatomie ne nous a pas encore appris, ni pour ces racines, ni pour aucune des autres racines rachidiennes. L'expérimentation, ainsi qu'on va le voir, nous en apprend beaucoup plus à cet égard que l'anatomie.

Exp. IX. — Je coupe transversalement la moitié latérale droite de la moelle, juste au milieu de l'intervalle, entre les racines de la dernière paire dorsale et celles de la première paire lombaire. J'examine ensuite l'état de la sensibilité de ces racines, et je trouve que celles du premier nerf lombaire du côté de la section sont extrêmement sensibles, et paraissent même l'être plus qu'à l'état normal. Au contraire, celles du dernier nerf dorsal du côté de la section sont évidemment moins sensibles qu'à l'état normal En examinant maintenant les mêmes racines du côté opposé à la section, je trouve qu'elles sont notablement moins sensibles qu'à l'état normal.

Ces faits démontrent que les éléments conducteurs des impressions sensitives, après avoir pénétré dans la moelle, se portent, en majeure partie, dans l'autre moitié de cet organe, à l'endroit même de leur entrée et au-dessous. Un certain nombre de ces éléments, cependant, se portent au dessus du point d'entrée.

On arrive à des conclusions analogues par les résultats des deux expériences suivantes.

Exp. X. — Je coupe la moelle longitudinalement sur son plan médian et dans l'étendue de l'insertion de deux paires de nerfs. Je trouve alors

que la sensibilité de ces deux paires de nerfs est notablement diminuée, et que c'est la supérieure qui a le plus perdu de sa sensibilité.

Exp. XI. — Je coupe transversalement la moitié latérale droite de la moelle à la hauteur de la première vertèbre lombaire, et je trouve que la sensibilité de la paire de nerfs située immédiatement en arrière de la section semble exagérée. (Il en est de même de la sensibilité récurrente de la racine antérieure correspondante.) Si alors je coupe de nouveau transversalement la même moitié latérale de la moelle, immédiatement en arrière des racines de la paire de nerfs que je viens de trouver si sensible, je constate qu'elle a perdu presque complétement sa sensibilité.

Cette dernière expérience montre qu'un grand nombre des éléments conducteurs des impressions sensitives qui viennent d'une paire de nerfs se portent au-dessous de l'endroit où ils ont pénétré dans la moelle, c'est-à-dire s'éloignent de l'encéphale avant de faire leur entrecroisement. Ils ne vont pas très loin, cependant, sans le faire ; car si l'on fait la seconde hémisection à environ 4 ou 5 centimètres (sur un gros lapin) en arrière de la première, alors la sensibilité persiste dans la paire de nerfs qui est immédiatement en arrière de la première hémisection.

De toutes ces dernières expériences il résulte clairement, je crois, que les éléments conducteurs des impressions sensitives se distribuent de la manière suivante, après leur entrée dans la moelle, par les racines d'une paire de nerfs : quelques-uns se portent vers l'encéphale, d'autres se portent directement dans la moitié opposée de la moelle, et d'autres enfin s'éloignent de l'encéphale, pour aller faire leur entrecroisement avec ceux du côté opposé, à quelque distance en arrière de leur point d'entrée dans la moelle.

4° Que prouvent les expériences faites sur le bulbe rachidien, à l'égard de l'entrecroisement des conducteurs des impressions sensitives ?

Il semble que les physiologistes qui se sont occupés de la question de savoir si la moelle allongée a une action croisée ou directe, ont dû, par cela même, chercher si les conducteurs des impressions sensitives font leur entrecroisement dans la moelle épinière ou dans l'encéphale. A peine l'ont-ils fait cependant. Ainsi Lorry (*Mém. des savants étrangers*, t. III, p. 344), Saucerotte (*Prix de l'Acad. de chirurgie*, t. IV, p. 373), Fodéra (*Journ. de physiol.* de Magendie, t. III, p. 211), M. Flourens (*Rech. expér. sur le syst. nerv.*, 2e éd., 1842, p. 111-122), M. Magendie (*Leçons sur les fonct. et les malad. du syst. nerv.*, t. I, p. 285 et p. 293), M. Calmeil (*Journal des progrès*, t. XI, p. 100), Budge (*Untersuchungen ueber das Nervensystem*, 1re partie, 1841, p. 21), Valentin (*Lehrbuch der Physiologie*, 2e éd., 1849, t. II, 2e partie, p. 456), paraissent ne s'être occupés que de trouver de quel côté surviennent les convulsions et la paralysie du mouvement, après une lésion d'une moitié

latérale de la moelle allongée. Hertwig est, à ma connaissance, le premier physiologiste qui se soit occupé directement de l'état de la sensibilité après la section d'une moitié latérale de la moelle allongée. Il dit (*Hecker's Annalen der Ges. Heilkunde*, 1826, p. 151) qu'après avoir coupé la moitié latérale droite de cet organe sur un chien, il trouva la sensibilité presque aussi grande qu'avant l'opération, dans le côté droit du corps ; mais il ne dit pas quel était l'état de la sensibilité dans le côté gauche.

MM. Budge et Waller (*Comptes rendus de l'Acad. des sc.*, 1851, t. XXXIII, p. 420) disent avoir constaté que « la plus grande perte de sensibilité se fait sur le côté opposé à la section. »

MM. Vulpian et Philipeaux (*Essai sur l'origine de plusieurs paires des nerfs crâniens*, Paris, 1853, p. 54-56) affirment que la sensibilité dans le tronc et dans les membres n'est perdue ni du côté de la section d'une moitié latérale de la moelle allongée, ni du côté opposé. Ils disent même que, chez les cochons d'Inde, on serait tenté de croire que la sensibilité est exaltée.

J'ai moi-même souvent montré dans mes cours, depuis plusieurs années, que les animaux sur lesquels on a coupé une moitié latérale de la moelle allongée, en avant ou au-dessus de l'origine du nerf pneumogastrique, ne *paraissent* perdre leur sensibilité dans aucune partie du tronc et des membres. De plus, j'ai constaté qu'il semble y avoir alors une hyperesthésie très marquée du côté de la section dans les membres et le tronc.

Quelle est la signification de ces faits ? Dans un mémoire que j'ai lu à l'Académie des sciences, il y a six ans (*Comptes rendus*, t. XXIX, p. 672, *Sur le siége de la sensibilité et sur la valeur des cris comme preuve de perception de douleur*), j'ai essayé de montrer que, chez les animaux privés de la plus grande partie de leur encéphale, l'agitation des membres et les cris peuvent avoir lieu par action réflexe. Quant à l'agitation, il est clair que, chez des animaux dans cette condition, elle ne peut avoir de valeur comme preuve de douleur, et, quant aux cris, j'ai fait voir qu'ils peuvent exister après la section transversale de la moelle allongée tout entière, au niveau de son union avec la protubérance. De plus, il y a dans la science plusieurs observations de fœtus humains anencéphales, qui ont poussé des cris, bien qu'ils n'eussent que la moelle allongée et la moelle épinière, le reste de l'encéphale manquant complétement. Il faut donc admettre, ou que les cris ont alors lieu par action réflexe, ou que les perceptions de douleur peuvent se faire dans la moelle allongée, et peut-être aussi dans la moelle épinière. Nous n'entendons pas décider, ni même discuter ici cette grande question ; mais nous voulons montrer que les cris *peuvent* n'être que le résultat d'une action réflexe. En effet, les cris ne sont rien autre chose que des sons produits pendant le passage rapide d'un courant d'air dans le

larynx, lorsque les cordes vocales sont tendues. Et que faut-il pour que ces conditions de production des cris existent ? Il faut tout simplement que les muscles tenseurs des cordes vocales se contractent en même temps que les muscles expirateurs. Or, il n'y a là rien autre chose que des contractions musculaires, qui peuvent avoir lieu par action réflexe, comme les contractions des muscles des membres. Les cris peuvent donc n'être que la conséquence de contractions par action réflexe. Je répète cependant que je suis loin de dire que c'est positivement et uniquement par action réflexe qu'ils sont produits chez les anencéphales et chez les animaux privés de la presque totalité de leur encéphale. Je veux établir seulement qu'ils *peuvent* alors avoir lieu par action réflexe.

S'il en est ainsi, on comprend que les sections d'une moitié latérale de la moelle allongée sur les animaux ne peuvent jeter aucune lumière sur la question de savoir si les éléments conducteurs des impressions sensitives font leur entrecroisement dans la moelle épinière ou s'ils le font dans l'encéphale.

Les faits pathologiques observés sur l'homme, et relatifs à la moelle allongée et à la protubérance ont bien plus de valeur que les expériences faites sur ces organes chez les animaux. Je réserve pour un mémoire spécial l'exposé de nombreux faits pathologiques qui démontrent qu'avec des lésions limitées à une moitié latérale de la protubérance ou de la moelle allongée, il y a une paralysie de la sensibilité dans le tronc et les membres, rien que dans le côté opposé à la lésion. L'entrecroisement des éléments conducteurs des impressions se fait donc dans la moelle épinière ; car, autrement, il y aurait eu, dans les membres et le tronc, paralysie, partielle au moins, de la sensibilité du côté de la lésion.

J'ai aussi réuni un certain nombre de faits relatifs aux lésions d'une moitié latérale de la moelle épinière chez l'homme. Dans ces cas, de même que dans deux observations recueillies récemment par M. Oré, de Bordeaux (voyez mon rapport sur un mémoire de M. Oré, dans les *Mémoires de la Société de biologie* pour 1853, t. V, p. 301), il y a eu paralysie de la sensibilité d'un côté du corps, par suite d'une altération de la moitié latérale de la moelle épinière du côté opposé.

La pathologie et l'expérimentation sur les animaux s'unissent donc pour montrer :

1° Que l'entrecroisement des éléments conducteurs des impressions sensitives ne se fait pas, comme on l'a dit, à l'extrémité antérieure de la protubérance ;

2° Que la substance grise de la moelle épinière ne possède pas la propriété de transmettre les impressions sensitives en toute direction, ainsi que l'ont prétendu quelques physiologistes ;

3° Que la plupart, sinon tous les éléments conducteurs des im-

pressions sensitives s'entrecroisent dans la moelle épinière, c'est-à-dire que ceux venus de la moitié droite du corps se portent dans la moitié gauche de la moelle, et *vice versâ* ;

4° Que l'entrecroisement de ces éléments se fait, en partie, presque aussitôt après leur entrée dans la moelle épinière, et que quelques-uns, en petit nombre, vont faire leur entrecroisement à une certaine distance au-dessus du point d'entrée dans cet organe, c'est-à-dire plus près de l'encéphale, tandis que d'autres, au contraire, et en plus grand nombre, descendent dans la moelle et vont faire leur entrecroisement au-dessous du point d'entrée ;

5° Que, s'il y a quelques éléments conducteurs des impressions sensitives qui montent des membres ou du tronc tout le long de la moelle épinière pour aller faire leur entrecroisement dans l'encéphale, leur nombre doit être très peu considérable ;

6° Que des altérations capables de produire une paralysie de la sensibilité, et siégeant sur un point quelconque d'une moitié latérale du centre cérébro-rachidien, produisent toujours une paralysie de la sensibilité dans le côté opposé du corps, et qu'il n'y a pas de différence entre l'encéphale et la moelle épinière à cet égard, ainsi qu'on l'avait cru jusqu'à mes premières recherches.

Paris. — Imprimerie de L. Martinet, rue Mignon, 2.

